



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DE ZARAGOZA**



PROYECTO FIN DE CARRERA

**DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE AUTO-APRENDIZAJE
PARA ASIGNATURAS DE TECNOLOGÍAS DE
FABRICACIÓN.
PROCESOS DE MOLDEO**

**ALUMNO: HÉCTOR FRANCÉS CLAUDIO
ESPECIALIDAD: MECÁNICA
DIRECTOR: ROBERTO JIMÉNEZ PACHECO
CONVOCATORIA: JUNIO 2011**

RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

Este proyecto fin de carrera trata el desarrollo de un conjunto de actividades de auto-aprendizaje como herramienta de estudio de los procesos de moldeo para los futuros alumnos de las asignaturas de tecnologías de fabricación.

Debido a la nueva dimensión que han tomando los planes de estudio desde el acuerdo de Bolonia, este tipo de actividades se encuentran enmarcadas dentro de los nuevos requisitos que las asignaturas deben cumplir.

Es por esto, que el presente proyecto fin de carrera se compone de las siguientes actividades:

- Diseño de actividades de aprendizaje.
- Diseño de un sistema de evaluación de la calidad.
- Elaboración del material propio de los procesos de moldeo:
 - Material multimedia.
 - Documentación explicativa.
 - Autoevaluación.
- Diseño de ejemplos de evaluación del aprendizaje del alumno.

El uso de este tipo de herramientas, permite la adquisición de una serie de conceptos mínimos por parte del alumno. Estos deben servir como base para la posterior ampliación de las explicaciones de mayor complejidad ofrecidas en clase. De esta forma, se consigue un mayor aprovechamiento de los recursos ofrecidos, tales como el Anillo Digital Docente y el profesorado, proporcionando una enseñanza y un aprendizaje de mayor calidad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 MARCO	5
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA	6
1.3 ALCANCE.....	8
1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	9
2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL MATERIAL.....	10
3. ELABORACIÓN DEL MATERIAL.....	12
3.1 DOSSIER.....	12
3.2 MATERIAL MULTIMEDIA.....	13
3.3 AUTOEVALUACIÓN.....	19
4. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE.....	20
5. IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE.....	22
5.1 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE	22
5.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE	22
6. CONCLUSIONES.....	24
6.1 GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS	24
6.2 TRABAJO FUTURO.....	25
6.3 CONCLUSIONES PERSONALES	26
ANEXO I: MOLDEO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO	29
ANEXO II: MOLDEO EN ARENA.....	39

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO

El marco en que se desarrolla éste proyecto viene dado por la actual aplicación de la reforma de estudios universitarios acordada durante el proceso de Bolonia.

Hasta ahora, la docencia impartida en las universidades había consistido en su mayor parte en clases magistrales del profesor con poca o ninguna participación. El alumno se limitaba a la asistencia para toma de apuntes y como oyente. Con esta reforma, se pretende que el profesor fomente la participación del alumno con diferentes métodos de aprendizaje, clases más participativas y evaluación continua.

Las clases tienen que servir para proporcionar al estudiante los conocimientos con los que desarrollar profesionalmente los objetivos académicos, mejorando la distribución del tiempo que el alumno dedica al estudio particular. Es por ello por lo que el trabajo previo se hace indispensable, de tal forma que el alumno sea capacitado para seguir las explicaciones más avanzadas en clase.

Se hace necesaria una innovación en los sistemas de enseñanza mediante el uso de las nuevas que tan difundidas se encuentran ya en nuestra sociedad. Es por ello que el uso de internet, ordenadores personales y software específico servirían como herramienta de conexión entre la población estudiantil y el profesorado.

Su uso permite la adquisición de una serie de conceptos mínimos por parte del alumno. Estos deben servir como base para la posterior ampliación de las explicaciones de mayor complejidad ofrecidas en clase. De esta forma, se consigue un mayor aprovechamiento de los recursos ofrecidos, tales como el Anillo Digital Docente y el profesorado, proporcionando una enseñanza y un aprendizaje de mayor calidad.

Como parte no menos importante, está la generación de habilidades no específicamente académicas para el alumno, como la constancia, la correcta gestión del tiempo y autodisciplina.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El objetivo del presente proyecto fin de carrera, es el diseño de una serie de actividades de autoaprendizaje dirigidas al alumnado que debe conocer los procesos de moldeo dentro de su plan de estudios. Este trabajo incluye la elaboración de un material de aprendizaje específico para cada proceso productivo de moldeo.

Algunos de los problemas encontrados por parte de los docentes de las asignaturas relacionadas con la temática del presente proyecto fin de carrera, son la gran cantidad de tiempo empleado en clase para el desarrollo de conceptos básicos, pero de gran dificultado de explicación debido al alto componente visual y espacial que conllevan.

De esta forma, con el material desarrollado, se consigue sentar unas bases previas para comenzar el desarrollo completo de la asignatura y así poder profundizar en las clases teóricas en conocimientos de mayor dificultad. Además, se pretende conseguir una mejora de los conocimientos de salida del alumno que tenga una participación activa en la asignatura.

Para la consecución de todos estos objetivos, se han realizado una serie de actividades en las que el alumno puede tomar parte, así como el docente comprobar la utilidad de las mismas.

La actividad desarrollada, se compone de: un dossier explicativo de los procesos de moldeo llevados a estudio, un video en formato flash que muestre de manera sencilla y clara los entresijos de los procesos de fabricación más complejos y una autoevaluación que proporcionará al alumno una forma de evaluar sus conocimientos sobre la materia. Además, se han desarrollado una serie de indicadores que proporcionarán al docente información sobre la utilidad o no del nuevo sistema. También se proponen una serie de ejemplos para la evaluación del alumnado.

Además, con este sistema se pretende que el alumno alcance algunas capacidades que no están ligadas específicamente a la asignatura, pero que le serán de utilidad para la exitosa consecución de sus estudios. Dichas capacidades son las siguientes:

- Autogestión del tiempo empleado
- Seguimiento continuo de la asignatura
- Participación activa en la asignatura
- Aprendizaje efectivo

1.3 ALCANCE

El presente proyecto pretende mejorar la docencia de las asignaturas introductorias a los procesos de fabricación, centrándose inicialmente en los contenidos de los procesos de moldeo. Todas las actividades desarrolladas en este proyecto, así como la metodología y herramientas utilizadas podrán ser aplicadas en las nuevas titulaciones de grado.

Concretamente, los contenidos que estas actividades desarrollan, están presentes en la asignatura de Tecnologías de Fabricación, que por ser una asignatura obligatoria de la rama industrial está incluida en las siguientes memorias de verificación de los títulos de grado:

- Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto: 6 créditos ECTS, tercer curso.
- Grado en Ingeniería Mecánica: 6 créditos ECTS, tercer curso.
- Grado en Ingeniería de Organización Industrial: 6 créditos ECTS, tercer curso.
- Grado en Ingeniería Química: 6 créditos ECTS, tercer curso.
- Grado en Ingeniería Eléctrica: 6 créditos ECTS, tercer curso.
- Grado en Tecnologías Industriales: 6 créditos ECTS, tercer curso.

El alcance se ve reflejado en las actividades realizadas para llevar a cabo del proyecto:

- Diseño de actividades de aprendizaje.
- Diseño de un sistema de evaluación de la calidad.
- Elaboración del material propio de los procesos de moldeo:
 - Material multimedia.
 - Documentación explicativa.
 - Autoevaluación.
- Diseño de ejemplos de evaluación del aprendizaje del alumno.

Se debe reseñar, que el alcance del presente proyecto fin de carrera es diseñar la implantación de este nuevo sistema docente y proponer herramientas útiles para su uso. Por ello, no se establecen baremos de evaluación, ni porcentajes necesarios para

que el alumno alcance el aprobado, ni por ejemplo, establecer un número mínimo de visitas al ADD para el visionado del material multimedia por parte del estudiante.

1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria constará de cuatro partes que se distribuyen de la siguiente forma:

1. Dossier: disponible online y para descarga en el que se presentará de forma escrita y mediante gráficos estáticos que se consideren oportunos los conocimientos básicos sobre el proceso: Clasificación, tipologías, ventajas e inconvenientes y ejemplos de aplicación. Todo este material se elaborará dentro de este proyecto a partir de la bibliografía recomendada y de las fuentes adicionales que se estimen oportunas.
2. Autoevaluación: fichas de autoevaluación del aprendizaje mediante pruebas tipo test, disponible online. Este test permitirá conocer al alumno el nivel de dominio que ha adquirido, y no tendrá nunca función evaluadora, aunque si permitirá al profesor realizar un seguimiento del aprendizaje del alumno.
3. Evaluación propuesta: compuesta por las distintas formas de evaluar los conocimientos adquiridos. Se proponen preguntas cortas, de desarrollo y diferentes trabajos propuestos que tendrían un peso específico a determinar en la evaluación de la asignatura.
4. Material multimedia: material multimedia propio disponible en el ADD para uso del alumno. Se pretende que éste material ayude al alumno a comprender el proceso de fabricación tratado en clase ya que en muchos de los procesos de fabricación, por su naturaleza, hay zonas críticas para su comprensión que no pueden ser grabadas en el equipo real (interiores de cavidades, flujos de material...).

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL MATERIAL

El método de enseñanza tradicional parte de una imprescindible descripción básica del funcionamiento de los procesos, impartida en clase presencial, y apoyándose en materiales (transparencias, PowerPoint...) basados en gráficos estáticos esquemáticos menos adecuados a procesos que requieren movimiento, debido a la mayor dificultad de comprensión. Este material puede ser complementado por el alumno con bibliografía existente que se le ofrece en la biblioteca.

Los contenidos en esta parte de la materia son puramente descriptivos de la nomenclatura y dinámica del proceso. Esto hace que el valor añadido de la clase magistral del docente sea muy reducido, pero resta tiempo a los contenidos más complejos y avanzados, tales como la capacidad de identificar los defectos que puede presentar la aplicación de los distintos procesos y controlarlos, o seleccionar el proceso de fabricación más adecuado a partir del conocimiento de las capacidades y limitaciones de los mismos.

Los conocimientos básicos de los procesos de fabricación pueden ser ya conocidos por algunos de los alumnos (los procedentes de algunos módulos formativos relacionados, o los que cuenten con alguna experiencia profesional en la industria), o no, ya que el alumnado procedente de bachillerato desconoce por completo este campo.

Esta situación hace que los profesores que imparten esta materia perciban los siguientes problemas a través su experiencia y de las actitudes en clase, tutorías y la evaluación de sus alumnos.

- Dificultades por parte del alumno para adquirir las competencias relacionadas con la selección del proceso de fabricación más adecuado a aplicar a una pieza concreta.
- Dificultades por parte del alumno para adquirir los conocimientos avanzados sobre los distintos procesos.
- Reducida asistencia a clases teóricas por parte de los alumnos con experiencias previas en la materia.

- Dificultades por parte del alumno sin conocimientos previos en la materia para distinguir los diferentes procesos de fabricación.
- Dificultades, por parte del profesorado, para encontrar material adecuado, moderno y de uso libre para apoyar sus explicaciones.

La presentación multimedia tiene su razón de ser en la enseñanza al alumnado de lo explicado en clase de una manera más visual y clara, de manera que donde no lleguen las palabras del docente, llegue la visualización de la herramienta. Es por ello que se utiliza para facilitar la comprensión del proceso tratado en clase.

Se pretende que el alumno entienda e interiorice la comprensión del proceso industrial para su posterior aplicación práctica en el mundo laboral. Para ello es necesario que el alumno entienda el por qué de los pasos a seguir y el orden de los mismos.

La herramienta tiene como ventajas la rápida comprensión del proceso y la facilidad de visualizarlo para aquellos alumnos con una imaginación espacial menor. Además, siempre existen estados del proceso que no son vistos mediante fotografías reales debido a su imposibilidad y que mediante procesos de simulación se pueden comprender con claridad.

Con las nuevas actividades desarrolladas dentro de este proyecto se pretenden alcanzar los siguientes resultados:

- Fomentar el auto-aprendizaje de los alumnos.
- Mejorar la distribución del tiempo de estudio a lo largo del curso que los alumnos necesitan para adquirir las competencias necesarias.
- Mejorar la adquisición de competencias avanzadas al dedicar un mayor tiempo de las clases presenciales a ellas.
- Aumentar el valor añadido que las clases presenciales aportan al alumnado.

3. ELABORACIÓN DEL MATERIAL

3.1 DOSSIER

Dentro del material realizado para el presente proyecto fin de carrera, el dossier es parte fundamental del mismo. Tiene como objetivo el complementar a la parte teórica dada en clase, con un documento explicativo del proceso industrial estudiado.

Junto con el material multimedia, el dossier es el documento de mayor peso dentro de los documentos relativos a los diferentes procesos de moldeo. En él, se ha procurado plasmar de manera concisa y clara los diferentes aspectos de cada proceso de producción.

Para la realización del dossier, el autor del presente proyecto ha debido documentarse correctamente con la bibliografía consultada para conseguir un documento que alcance los objetivos propuestos al comienzo.

<p>ANEXO II: MOLDEO EN ARENA</p> <p>1 DOSIER: MOLDEO EN ARENA</p> <p>1.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>El moldeo en arena es un proceso productivo consistente en el vertido del metal fundido en un molde. Éste tiene la peculiaridad de que está realizado en arena, por lo que el proceso se encuentra encuadrado dentro de los procesos de moldeo desechable. En dicho molde, irán alojados los canales de alimentación, mazarotas y bebederos necesarios para el correcto llenado.</p> <p>1.2 EXPLICACIÓN DEL PROCESO: OPERACIONES A REALIZAR</p> <p>1.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO</p> <p>El modelo no es una copia exacta de la pieza que se desea fundir debido a una serie de razones impuestas por el procedimiento de conformación:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las dimensiones del modelo deben ser superiores a la pieza, puesto que ha de tenerse en cuenta la contracción sufrida por los metales líquidos al solidificarse. Ésta contracción suele ser de entorno a un 1 % ó 2 %.	<ul style="list-style-type: none">- Las limitaciones del proceso imponen ciertas limitaciones, como la obtención de formas complicadas y espesores muy finos.- Es necesario dar demasías para el mecanizado de aquellas superficies que lo requieran.- Hay que prever salidas adecuadas para la extracción del modelo sin que se produzcan arrastres de arena. La inclinación de las paredes del modelo, vendrán dadas por la relación b/h. <p>1.2.2 MODELOS</p> <p>En la fundición en arena, los modelos sencillos suelen hacerse de una sola pieza. En otros casos, cuando se aumenta la complejidad de la misma, constan de dos o más piezas acoplables cuya posición exacta se asegura por medio de pasadores o guías.</p> <p>Cuando las piezas son huecas, se utilizan machos o hoyos de madera que provocan la cavidad en el modelo. Hay que resaltar, que los hoyos se disponen en el modelo con unas prolongaciones llamadas portadas de hoyo que determinarán en el molde los alojamientos para apoyar los machos.</p> <p>El modelo acabado debe tener las superficies perfectamente lisas. Para ello se tapan los poros con escayola, se pule con papel de lija y finalmente se barniza y</p>
---	---

Dossier del proceso de moldeo en arena

Se ha procurado obtener información sobre ejemplos y aplicaciones industriales reales, además de comparativas entre el proceso a tratar y otros procesos similares. De esta forma, se consigue que el alumno tenga una idea clara de la verdadera magnitud del proceso, del uso que tiene y de la aplicación real del mismo.

Del mismo modo, a los diferentes tipos de defectologías que afectan al proceso se han añadido diferentes fotografías y dibujos para que sea fácil y clara su identificación.

3.2 MATERIAL MULTIMEDIA

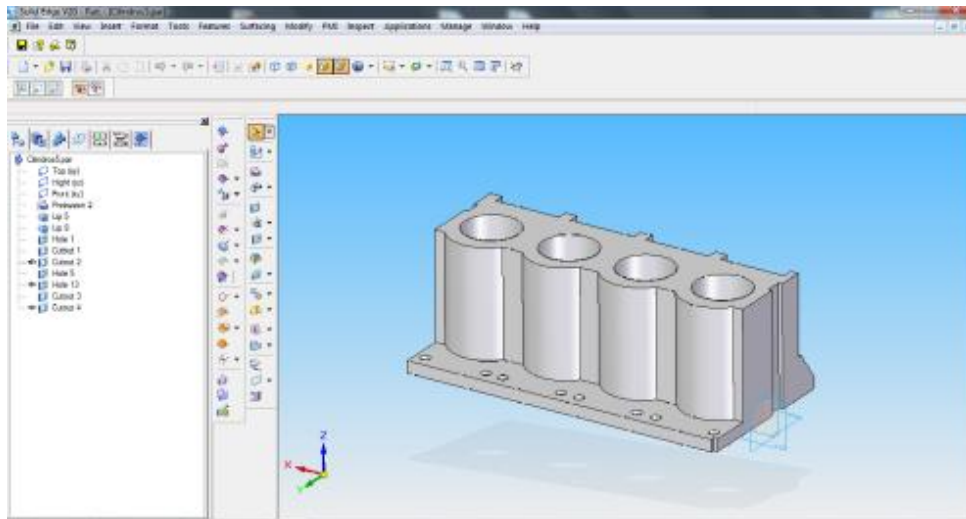
Dentro de todos los documentos dispuestos en la realización del presente proyecto fin de carrera, el material multimedia es el núcleo del mismo. Se ha desarrollado pensando en la simplificación visual del pertinente proceso para la correcta visualización del mismo.

La realización del material multimedia está enfocada para un uso docente, mediante la disposición del archivo en el Anillo Digital Docente en formato flash.

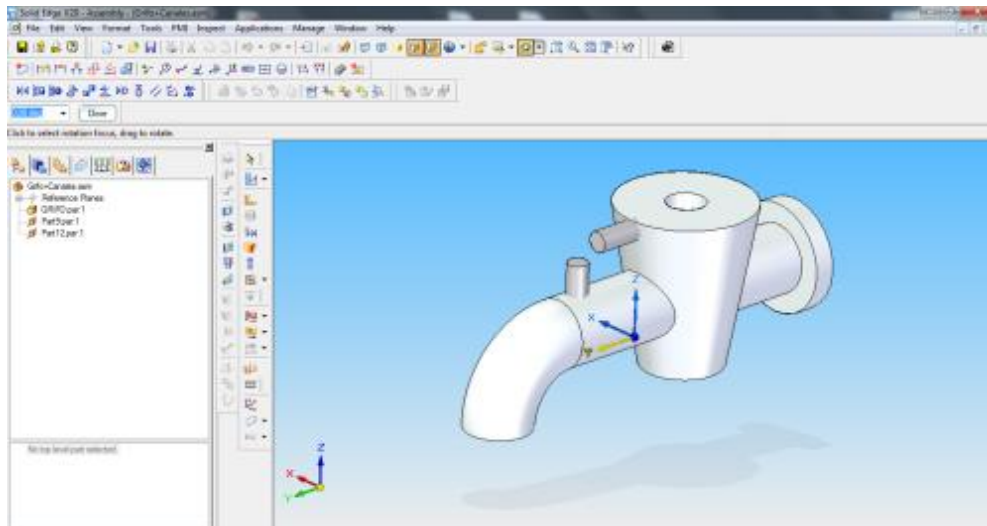
Se han barajado diferentes posibilidades en cuanto a software, valorando pros y contras de cada uno de ellos; cubriendo desde facilidad de uso, hasta la disponibilidad de la licencia del programa. En un principio se ha pensado en la realización del material multimedia mediante programas de flash como Adobe CS4, Adobe Director 11 y Macromedia, pero posteriormente se ha decidido que el software de CAD SolidEdge V20 era el más indicado. Se ha pensado que era el programa adecuado para la realización del presente proyecto fin de carrera, debido a la posibilidad de realizar imágenes en 3D junto a su característica de dar movimiento a las mismas. Además, el tener que aprender un nuevo programa, podía ser de mayor utilidad para un futuro el hacerlo en un programa de mayor difusión dentro de las diferentes empresas e ingenierías. Esto ha permitido al autor del presente proyecto el conocer el programa de CAD SolidEdge V20 y la posibilidad de desarrollar su conocimiento en un futuro en el ámbito extra-académico.

En la realización de los videos de procesos de moldeo, se ha utilizado el programa de CAD Solid Edge v20.

Partiendo desde cero, se ha comenzado con el modelado de todas y cada una de las piezas. Con la base del story board realizado previamente, se han ido diseñando los elementos necesarios para la correcta explicación del proceso.

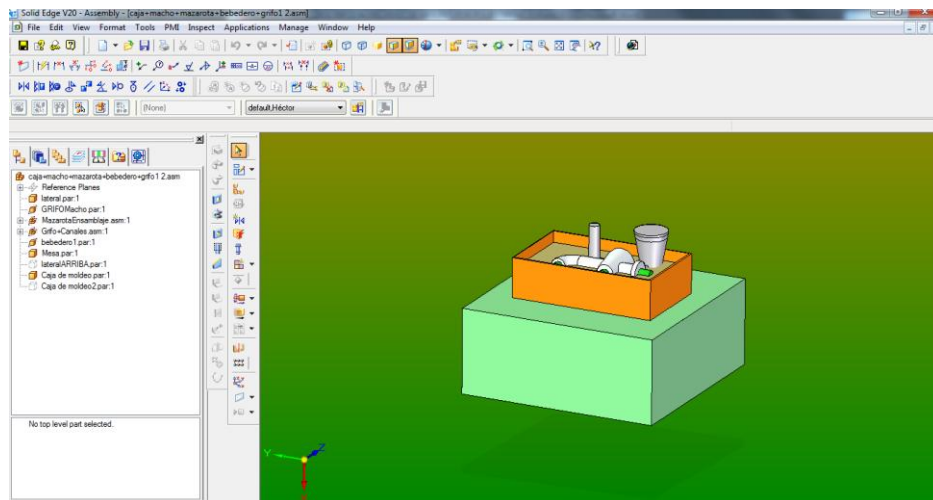


Entorno dibujo de Solid Edge para diseño CAD



Entorno de trabajo de Solid Edge para diseño CAD

Una vez conformadas todas las piezas necesarias, se ha procedido al ensamblaje de las mismas en su lugar correspondiente.

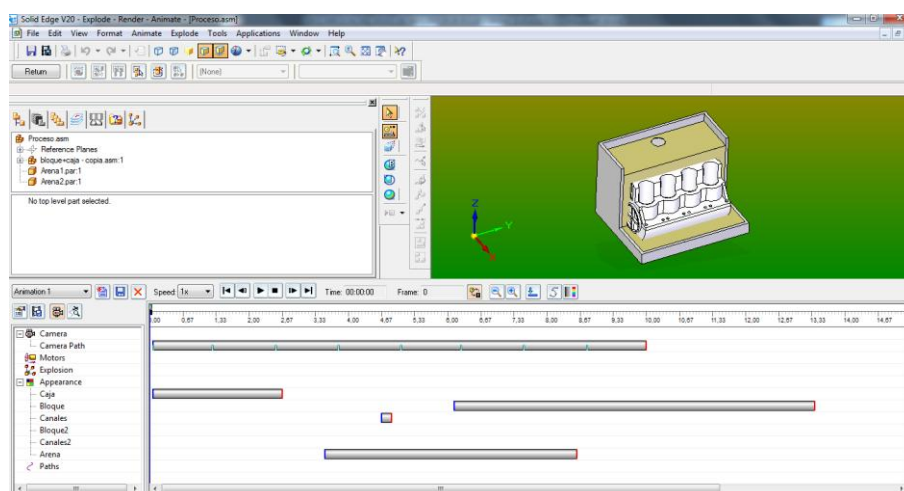


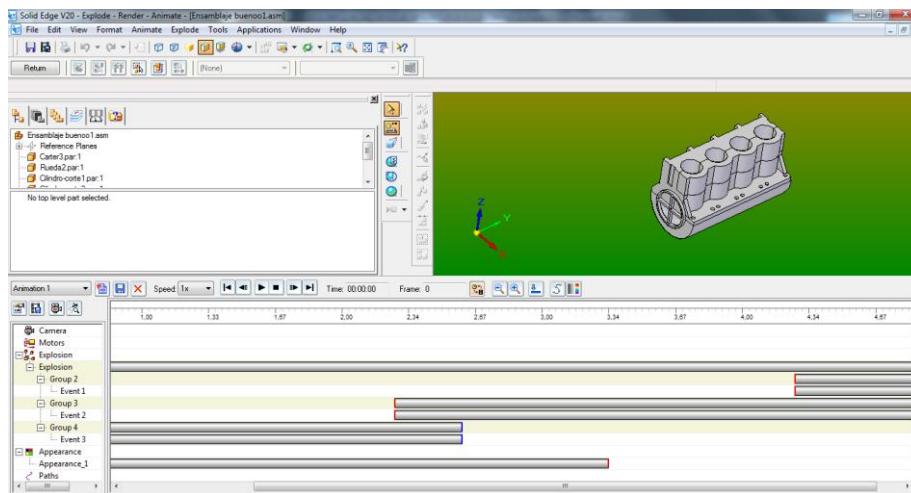
Entorno de trabajo para realizar ensamblajes en Solid Edge

Ha sido importante la correcta realización de esta operación, debido a que el crear relaciones erróneas entre piezas puede ocasionar defectos en el movimiento posterior de las mismas.

El siguiente paso ha sido dotar de movimiento a los conjuntos, de tal forma que el proceso quedara bien representado. Esto se ha realizado mediante giros de cámara, movimientos de piezas, explosiones y cambios de apariencia de las piezas. Se han explotado todas las posibilidades que el programa ofrece en este apartado.

La duración de cada una de las acciones viene representada por una línea temporal que hace sencillo su uso al ser muy interactiva con el usuario.

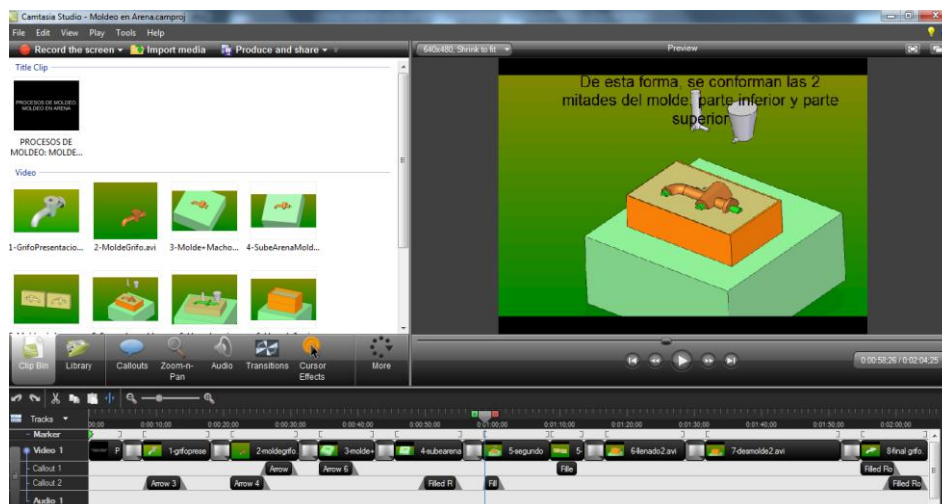


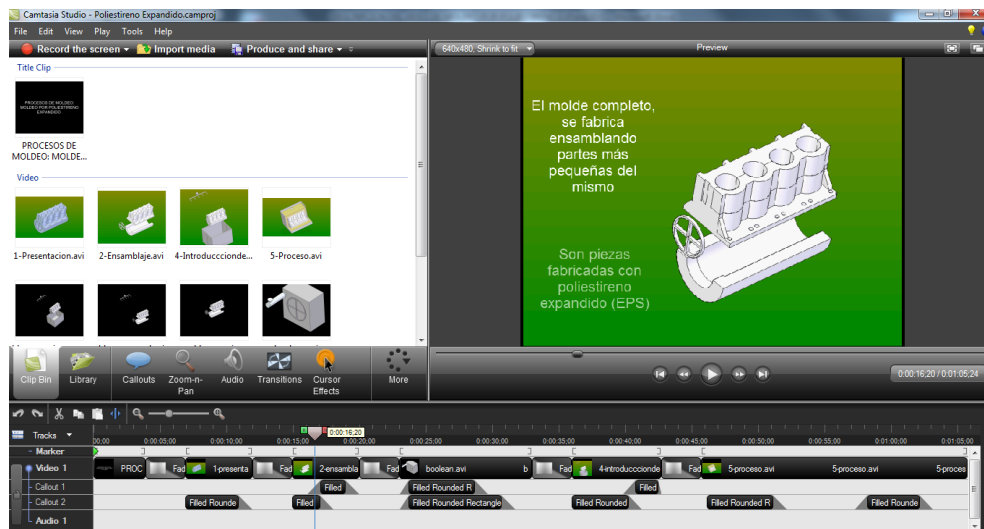


Entornos de trabajo para animaciones en Solid Edge

Una vez realizados los videos de las diferentes partes del proceso por separado, se ha procedido a la unión de los mismos. Para ello, se ha utilizado el programa Camtasia Studio 7.

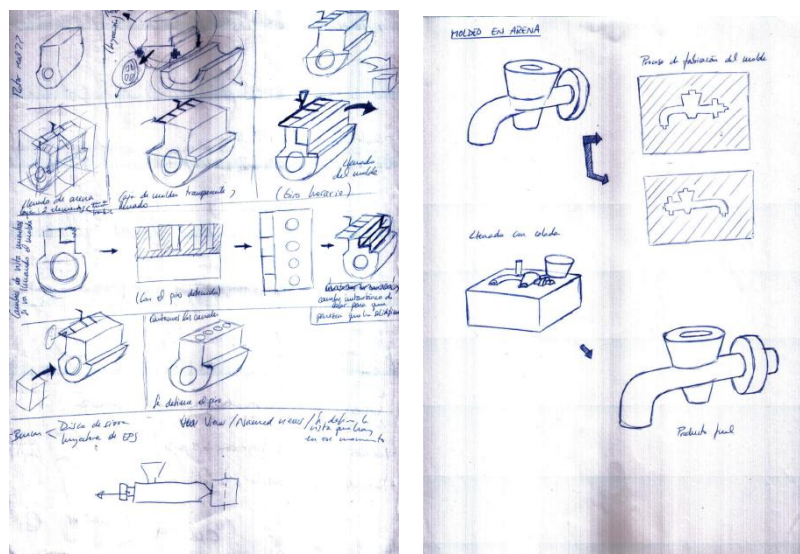
Este programa permite la inserción de títulos, texto, transiciones, zooms y la exportación en diferentes formatos del video final. Para ello, es muy útil el entorno de de trabajo basado en una línea temporal con diferentes hitos que marcan el desarrollo del video.



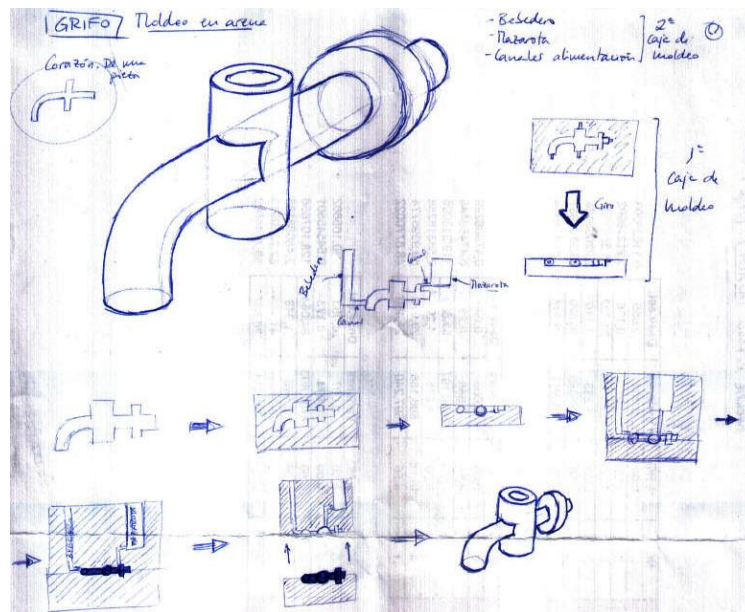


Fotograma de edición de video en Camtasia Studio 7

Antes de realizar el diseño en SolidEdge, se ha pensado cuál era la mejor forma de mostrar el proceso industrial llevado a estudio. Para ello, el autor del proyecto se ha documentado con la bibliografía necesaria para la realización del dossier y posteriormente se ha realizado un croquis a mano alzada a modo de “story board” en el que se representan todas las fases del proceso con sus vistas y cortes correspondientes.



Story Board de los diferentes procesos



Detalle de Story Board de moldeo en arena

Éste trabajo se realiza con el objetivo de pensar qué se quiere hacer y cómo para lograr una mejor explicación del proceso a tratar. Si bien es cierto, que en ocasiones el realizar según qué movimientos o acciones se complica o se hace inviable; bien sea por la dificultad técnica de manejo de Solid Edge que entraña, o porque el programa de CAD se encuentra limitado en según qué aspectos. De este modo, se ha ido modificando el guión sin perder calidad en el resultado final, consiguiendo el objetivo para el que este material multimedia ha sido diseñado.

3.3 AUTOEVALUACIÓN

Como método de evaluación del conocimiento adquirido por parte del alumno en el proceso de fabricación llevado a estudio, se ha pensado que un método sencillo y eficaz sería la realización de una autoevaluación.

Se busca que la ésta se realice después de la asistencia a clase y del visionado del material multimedia y el dossier explicativo que conforman el presente proyecto. Es importante el destacar el hecho de que si alguno de estos requisitos no se cumple, la autoevaluación no funciona como se ha planteado en un principio. De esta forma, no sería capaz de cumplir con los objetivos propuestos en un principio para ella.

En la autoevaluación se ha procurado abarcar todas las etapas del proceso productivo, haciendo mayor énfasis en las que se han considerado de mayor importancia. Además, con las preguntas realizadas se pretende que al alumno le queden los conceptos lo más claros posible. Se han realizado cuestiones con ejemplos reales y preguntas de aplicación directa mediante el uso de fotografías y pequeños croquis obtenidos de la bibliografía consultada para la realización del dossier y del material multimedia.

Para que la autoevaluación realice su función correctamente, se ha optado por la realización de una serie de preguntas cerradas, tipo test. Esto es debido a la facilidad de uso de las mismas por parte del alumno, como la facilidad en su corrección y la sencillez de implantación en el ADD. De esta forma, se consigue una corrección inmediata a la respuesta del alumno, con lo cual hay una mejor asimilación de conocimientos.

Dossier de actividades de auto-aprendizaje para asignaturas de tecnologías de fabricación. Procesos de moldeo	
<p>2. TEST DE EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS CON LA VERRAUMENTAL MULTIMEDIA. VOLÚMEN POR POLYURETANO EXPANDIDO</p> <p>1. En relación con el polímero expandido, el moldeo:</p> <ul style="list-style-type: none">a) No existe.b) Se realiza en caliente o frío.c) Se realiza.d) No existe. <p>2. En relación con el polímero expandido, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) No existe.b) Se realiza, pero no se mezcla para el control conformado de la pieza.c) No existe para obtener la calidad del moldeo, cuando ésta se pide.d) Existe en la mezcla. <p>3. Cual es la medida más en los siguientes dimensionales referidos a la caja de moldeo:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La altura.b) La longitud.c) La anchura.d) La profundidad. <p>4. En la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se distribuye uniformemente por el moldeo una vez que la configuración del molde y la temperatura del molde.d) Se evita la mezcla. <p>5. En la caja de la función de diseño de moldeo de polímeros expandidos, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se evita en caliente para el moldeo.d) Se evita la mezcla. <p>6. En la caja de la función de diseño de moldeo de polímeros expandidos, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se evita en caliente para el moldeo.d) Se evita la mezcla.	<p>3. TEST DE EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS CON LA VERRAUMENTAL MULTIMEDIA. VOLÚMEN POR POLYURETANO EXPANDIDO</p> <p>7. En relación con el polímero expandido, el moldeo:</p> <ul style="list-style-type: none">a) No existe.b) Se realiza en caliente o frío.c) Se realiza.d) No existe. <p>8. En relación con el polímero expandido, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) No existe.b) Se realiza, pero no se mezcla para el control conformado de la pieza.c) No existe para obtener la calidad del moldeo, cuando ésta se pide.d) Existe en la mezcla. <p>9. Cual es la medida más en los siguientes dimensionales referidos a la caja de moldeo:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La altura.b) La longitud.c) La anchura.d) La profundidad. <p>10. En la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se distribuye uniformemente por el moldeo una vez que la configuración del molde y la temperatura del molde.d) Se evita la mezcla. <p>11. En la caja de la función de diseño de moldeo de polímeros expandidos, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se evita en caliente para el moldeo.d) Se evita la mezcla. <p>12. En la caja de la función de diseño de moldeo de polímeros expandidos, la mezcla:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se evita evitar la calidad de la mezcla en la caja de moldeo.b) Se evita en caliente para el moldeo.c) Se evita en caliente para el moldeo.d) Se evita la mezcla.

Test de Autoevaluación

4. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Se considera necesario establecer un sistema de evaluación de la materia dada en clase para que el alumno se esfuerce en comprender la misma. Para llevar a cabo este propósito, se han desarrollado varias herramientas que permiten al docente evaluar los conocimientos pertinentes. De este modo, se establecen tanto los métodos de autoevaluación alojados en el Anillo Digital Docente (ADD) como posibles preguntas a realizar en los exámenes escritos y trabajos propuestos.

- Autoevaluación: en la documentación relativa a cada proceso de moldeo, se propone una posible autoevaluación para el alumnado. Esta es relativa al proceso de moldeo llevado a estudio y tiene como objetivo que el alumno mejore su conocimiento del proceso. Para la realización de la misma, deberá ser necesario que el alumno haya asistido a clase para tener un conocimiento mínimo y además haya visionado el material multimedia propuesto en el presente proyecto. Respecto a la asistencia a clase no se tiene control, pero una de las formas de conseguir que primero se vea el material multimedia es ofrecer la autoevaluación después de cada visionado. Este tipo de control parece sencillo de implementar, ya que tanto la autoevaluación como el material multimedia estarían disponibles en el Anillo Digital Docente de la Universidad de Zaragoza.

- Preguntas: en la documentación relativa a cada proceso de moldeo, se adjuntan una serie de preguntas a realizar en un posible examen escrito. Para que sea lo más variado posible, se han establecido una serie de preguntas que van desde las preguntas de desarrollo, hasta las más descriptivas; cubriendo así un amplio rango de conocimiento por parte del alumnado. Se consigue que el docente logre identificar si verdaderamente el alumno ha asimilado la carga docente necesaria para la superación de la asignatura.

- Trabajos: para cada proceso de moldeo, se proponen una serie de trabajos a desarrollar por parte el alumno, que podrían tener un peso específico a determinar para la superación de la asignatura. Con esto se consigue que el alumno no sea un mero oyente que acude a clase a escuchar al profesor y después a examinarse, sino que se involucre acudiendo a tutorías con el docente, investigando por su cuenta y buscando información. En todo caso, el trabajo debería estar estrechamente relacionado con la asignatura y con el proceso llevado a estudio en clase, de tal forma que al mismo tiempo que el alumno trabaja para la entrega del documento, también esto le sirva de estudio para el examen final de la asignatura.

5. IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE

5.1 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE

El material desarrollado en éste proyecto ha sido desarrollado específicamente para fomentar el trabajo autónomo del alumno (por medio de autoevaluaciones) y para proveer una herramienta que mejore la comprensión del proceso (material multimedia). Todo esto, más el dossier con la descripción en profundidad del proceso estará disponible en el Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza para que sea consultado por el alumnado.

El material propuesto en el presente proyecto fin de carrera es el descrito anteriormente, de tal forma que si el docente deseara pudiera poner a disposición del alumnado dicho material para su consulta cuando considerara oportuno.

5.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE APRENDIZAJE

Se ha propuesto implementar una serie de indicadores para conocer el grado de aceptación del alumno hacia el método de aprendizaje desarrollado. De esta forma, definiendo indicadores como: “Herramientas para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos de forma que sean cuantificables y diseñadas para contar con un estándar con el cual evaluar los resultados de los objetivos propuestos”, vamos a determinar los siguientes indicadores y sus objetivos:

- Número de visitas a la aplicación: muestra el grado de interés del alumnado por la asignatura, así como su utilidad para aprender el contenido de la misma.
Implementación: contador de visitas.
- Cantidad de alumnos que hacen la autoevaluación: muestra el interés del alumnado por la asignatura, así como la utilidad de realizar la autoevaluación para comprenderla y corregir errores.
Implementación: contador de visitas.

- Cantidad de alumnos que repiten la autoevaluación: da idea de la utilidad de la autoevaluación como método de aprendizaje.
Implementación: contador de visitas.
- Test de conocimientos anterior y posterior a la visita a la aplicación: indicador de mejora conceptual producida por la aplicación. Como es obvio, del test anterior no se conocerían los resultados hasta después de hacer el test posterior.
Implementación: test de conocimientos online.
- Encuesta de opinión al alumnado sobre utilidad del sistema utilizado.

6. CONCLUSIONES

6.1. GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS

Se han desarrollado correctamente todos los objetivos propuestos al comienzo del presente proyecto fin de carrera:

- Diseño de actividades de aprendizaje.
- Diseño de un sistema de evaluación de la calidad.
- Elaboración del material propio de los procesos de moldeo:
 - Material multimedia.
 - Documentación explicativa.
 - Autoevaluación.
- Diseño de ejemplos de evaluación del aprendizaje del alumno.

Se ha desarrollado un material muy útil para la comprensión de los diferentes procesos de moldeo. Se espera que se demuestre como un buen apoyo para la adquisición de conocimientos básicos para su posterior desarrollo en clase. Sin embargo, debido a que todavía no se ha implantado en las asignaturas correspondientes, no se puede conocer todavía el impacto resultante. Los resultados obtenidos en relación a los objetivos propuestos, tendrán que ser evaluados a posteriori.

Como beneficio indirecto, se considera que dicho conocimiento puede producir una mejora en la autoestima del alumno producida por la correcta comprensión de lo que el docente quiere explicar, debido a su complejidad. Esto se traduce en una mayor satisfacción del alumnado y un aumento del interés por la asignatura.

6.2. TRABAJO FUTURO

Con la implantación de la herramienta virtual en el ADD, en un futuro se podrá ampliar su uso extrapolando éste método a otros procesos industriales con las modificaciones pertinentes. Del mismo modo, otras asignaturas del mismo o de diferentes departamentos, pueden aprovechar la experiencia adquirida con la realización de este proyecto e implementarlo con las modificaciones adecuadas.

También se deberá evaluar más correctamente la utilidad de dicho sistema y de sus errores para así integrar una mejora continua que tenga como fin un mejor aprendizaje por parte del alumnado. Para ello se deberá llevar un estricto control sobre los indicadores propuestos en el apartado 5.2 (Evaluación del sistema de aprendizaje). El conjunto de datos obtenidos deberán evaluarse correctamente para que los resultados den idea de la utilidad del sistema de manera fiable.

Como principal tarea de trabajo futuro, queda la aplicación del presente proyecto fin de carrera en los planes de estudio actuales. Para ello, el docente responsable de la materia deberá establecer los baremos adecuados para la correcta evaluación del alumnado. En dichos baremos, entra la aplicación del peso específico de cada parte en la nota final (p.ej. 50% Examen, 10% Asistencia a clase, 25% Prácticas, 15% Trabajo de la asignatura).

Del mismo modo, los indicadores propuestos en el presente proyecto fin de carrera deberán ser evaluados con el tiempo; de tal forma, que la experiencia adquirida nos dirá si el material propuesto ha sido de utilidad o no. Como base para ello, se pueden establecer los indicadores que de los que se disponga en la actualidad (asistencia a clase, porcentaje de aprobados) para poder comparar en un futuro con los propuestos.

Si los resultados no son los esperados, el docente siempre puede utilizar el material multimedia como material de apoyo en sus clases teóricas. De este modo, puede aclarar algunos puntos de la materia difíciles de explicar y de visualizar por medio de otros medios audiovisuales.

6.3. CONCLUSIONES PERSONALES

A modo personal, creo que la implementación de este tipo de herramientas ayuda mucho a la comprensión de los conocimientos necesarios, no sólo para la superación de la asignatura, sino principalmente para la correcta asimilación de conceptos que posteriormente van a ser necesarios para el desarrollo personal del alumno en el mundo laboral.

Una vez finalizado el proyecto, considero que el trabajo realizado ha sido satisfactorio, puesto que me he tenido que enfrentar a múltiples problemas de manejo de un software que no conocía. De este modo, con los diferentes manuales on-line y de forma autodidacta, he conseguido manejar un programa de CAD amplio como SolidEdge con una cierta soltura. Si bien es cierto que no soy capaz de crear ni figuras complejas y ni grandes mecanismos, si que he sentado una buena base para la posterior ampliación de conocimientos. Además, creo que estos conocimientos servirán para un futuro manejo de diferentes software de CAD.

Por último, agradecer al tutor del proyecto su disposición, ayuda y apoyo a pesar de la dilatación en el tiempo de la realización del mismo.

Espero que la realización de este trabajo pueda servir de ayuda para los futuros estudiantes.

7. ESTIMACIÓN DE COSTES

Para la elaboración del material docente, sería necesaria la adquisición de un ordenador personal con capacidades para diseño multimedia y animación así como software propietario. En dicho ordenador se llevarán a cabo las tareas de diseño del material multimedia utilizando el software propietario requerido. Aunque resulta imprescindible el empleo de software propietario, también se contempla la utilización de software libre para las tareas en las que exista una aplicación apropiada. Este mismo equipamiento será utilizado para la generación de nuevos materiales necesarios en la ampliación de la actividad.

Los recursos económicos estimados para la realización del proyecto se recogen en la siguiente tabla:

Concepto	Presupuesto (€)
Ordenador personal para diseño y animación	600
Software específico para diseño y animación	10.200

Además será necesario el apoyo técnico habitual que ofrece el servicio de soporte de las plataformas del ADD.

Todo esto ha sido especificado en cuanto a coste económico para desarrollar la aplicación. Sin embargo, en un ámbito como el que se está tratando, no se debe olvidar el coste que todo esto le supone al alumno. Este coste no es económico, es un coste temporal.

Por ello, establecen estos tiempos orientativos para el aprovechamiento de todo el material propuesto en el presente proyecto fin de carrera.

Concepto	Tiempo estimado	Observaciones
Lectura del dossier	30 min.	Lectura comprensiva, con atención
Visualización del video explicativo	10 min.	Varias visualizaciones para observar con detenimiento los detalles
Realización de la autoevaluación	5 min.	Sólo es posible realizarla después de una visualización del video

8. BIBLIOGRAFÍA

- Tecnología de delineación.

Ed. Edebé

- Manufactura. Ingeniería y tecnología.

Serope Kalpakjian, Steven Schmid.

Ed. Prentice Hall.

- Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas.

Mikell P. Groover.

Ed. Prentice Hall.

ANEXO I: MOLDEO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO

1 DOSIER: MOLDEO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO

1.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de fabricación de moldeo por poliestireno expandido entra dentro del grupo que utiliza molde desechable. Consiste en la obtención de una pieza metálica a partir de un modelo de espuma de poliestireno expandido. Esto se logra, en primer lugar generando un patrón o modelo de espuma (poliestireno expandido), al cual se le adhiere una pintura refractaria para luego ser introducida a un molde el cual es llenado de arena hasta quedar bien compacto. Luego el metal es vaciado sobre el patrón de espuma de poliestireno que se vaporiza, dando paso a que el metal adopte la forma del patrón.

1.2 EXPLICACIÓN DEL PROCESO: OPERACIONES A REALIZAR

1.2.1 CONFORMADO DEL MOLDE

En éste proceso se colocan las perlas de poliestireno desechable sin tratamiento en una matriz precalentada que generalmente es de aluminio. El poliestireno se expande y adquiere la forma de la cavidad de la matriz. Posteriormente se le aplica calor adicional para fundir y unir las perlas. Posteriormente se procede al enfriamiento de la matriz, abertura de la misma y retirada del modelo de poliestireno.

El proceso que ocurre a continuación es el recubrimiento del molde por un lodo refractario a base de agua que lo deja, después de un periodo de secado, listo para utilizar.

Al tratarse de un proceso de fundición de modelo evaporativo, en numerosas ocasiones éstas operaciones de conformado del molde se encuentran en las mismas instalaciones de la fundición.

1.2.2 CONFORMADO DEL MODELO

Una vez obtenido el molde, éste se introduce en la caja de moldeo, se recubre de arena fina que soporta y rodea al modelo y se compacta periódicamente.

Se vierte el metal fundido dentro del molde a través del bebedero y los canales de alimentación. El EPS vaporiza inmediatamente debido a las altas temperaturas. Al llenarse la cavidad, se reemplaza por completo el espacio que ocupaba antes el poliestireno. En la evaporación, el poliestireno es despolimerizado por el calor y los productos (gases) obtenidos se ventilan hacia la arena que rodea al molde dentro de la caja de moldeo.

Por último, se sacude la caja de moldeo para poder retirar el modelo obtenido.

Debido a la gran diferencia de temperaturas entre el poliestireno y el metal fundido, éste se enfría mucho más rápido que si se vaciara en una cavidad vacía, lo que provoca una menor fluidez que en la fundición en arena. Esto tiene efectos en la microestructura del metal, la cual puede llevar a una solidificación direccional del mismo.



a)Ensamble de árbol con modelos en EPS



b) Recubrimiento con pintura refractaria



c) Árbol completo con bajante



e) Llenado y moldeo con arena seca



d) Árbol en la caja de moldeo

Secuencia de operaciones a realizar en moldeo por EPS

1.2.3 VENTAJAS DEL MOLDEO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO FRENTE A OTROS PROCESOS DE MOLDEO

- Es un proceso simple debido a la inexistencia de líneas de partición, mazarotas o machos. Esto provoca que sea un sistema muy flexible.
- El modelo puede construirse uniendo partes más sencillas con adhesivos adecuados.
- Las cajas de moldeo son económicas.
- El poliestireno es fácilmente procesable y se pueden realizar formas complejas, tamaños diversos y detalles superficiales finos. Además es muy barato.
- Es un proceso que requiere operaciones mínimas de acabado y limpieza.
- Es automatizable fácilmente lo que supone una disminución en los costes y en los defectos.
- Es económico para grandes lotes de producción debido a la economía de escala.
- Como en todos los procesos que utilizan modelos no permanentes, se evita el problema del almacenaje de los modelos.
- La precisión de piezas coladas es grande, ya que la utilización del EPS permite tolerancias muy ajustadas.
- Se facilita el reciclado de la arena debido a la ausencia de aglutinante.
- La cantidad de arena utilizada es menor que en un método tradicional.
- Posibilidad de incorporar insertos metálicos en la pieza de fundición.

1.2.4 DESVENTAJAS FRENTE A OTROS PROCESOS DE MOLDEO

- Tal vez la mayor desventaja del proceso de espuma perdida es el costo de las herramientas.
- El modelo en EPS requiere un cuidado más especial para que no se distorsione, ya que el EPS no soporta las presiones que son a menudo empleadas con modelos de madera.

1.2.5 DIFERENCIAS CON MOLDEO A LA CERA PERDIDA

Este proceso presenta algunas similitudes con el proceso a cera perdida, pues ambos utilizan modelos no permanentes, pero mientras que la cera se funde y, por tanto, no se destruye, el EPS desaparece completamente por vaporización en la etapa de colada.

1.2.6 APLICACIONES INDUSTRIALES

El conformado de piezas por moldeo con poliestireno expandido se utiliza principalmente para la fabricación de componentes de los MACI (motores alternativos de combustión interna) tales como cigüeñales, cabezas de cilindro (culatas), bloques de motor y sistemas de escape.

Son piezas complejas, con grandes lotes de producción y difícilmente mecanizables tanto por complejidad técnica como por falta de rentabilidad económica.

1.2.7 DEFECTOS TÍPICOS

En cuanto a los defectos propios del proceso de moldeo por EPS, éstos pueden provenir por dos vías: las generadas en la etapa de producción de los modelos de espuma y las que están relacionadas con el proceso de fusión del metal.

- Defectos generados en el proceso de fabricación del modelo de espuma

La fabricación de las secciones de espuma es considerada como una de las etapas más críticas del proceso, pues del adecuado control de cada una de sus variables depende la obtención de un modelo en EPS que sea la réplica exacta de la pieza a fundir. Los defectos típicos de este proceso son: el llenado incompleto del modelo, superficie con perlas con fusión deficiente, rebabas, poliestireno crudo, superficies quemadas, deformidades, defectos de eyección del modelo, variaciones dimensionales del modelo, contaminación del modelo y daño por almacenamiento, manipulación y transporte. En la figura se ilustran tres ejemplos de los defectos de mayor frecuencia: a) Rebabas, b) Superficie quemada por sobrecalentamiento y c) Desnivel.



Defectos típicos en los modelos de espuma de poliestireno

- Defectos debidos al proceso de fundición

Entre los defectos debidos al proceso de moldeo por poliestireno expandido y dejando de lado aquellos defectos típicos producidos por las técnicas de fundición convencionales, se encontraron los siguientes: carbono brillante, inclusiones de carbono, incrustaciones de arena y penetración del metal, inclusiones no metálicas, porosidad debida a la pirolisis del modelo, distorsión del modelo, erosión del modelo, fracturas en caliente, colapso del molde y desmoronamientos. En la figura se muestran tres de los defectos mencionados de mayor aparición en las piezas analizadas: a) Grafito brillante, b) Inclusiones de arena y c) Superficie rugosa causada por el modelo de EPS.



Defectos debidos al proceso de fundición

¿QUÉ ES EL EPS?

El poliestireno expandido (EPS) es un material plástico muy ligero utilizado en el campo del envase y embalaje para innumerables sectores de actividad, así como en la construcción es utilizado como aislante.

El EPS se define técnicamente como: "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire".

Familiarmente es conocido como "corcho blanco". Es proveniente del petróleo, como todos los materiales plásticos.



Piezas de embalaje fabricadas con poliestireno expandido.

2. TEST DE AUTOEVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS CON LA HERRAMIENTA MULTIMEDIA: MOLDEO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO

1. En moldeo por poliestireno expandido, el molde:
 - a) Se recicla
 - b) Se limpia y se vuelve a utilizar
 - c) Se evapora *

2. En moldeo por poliestireno expandido, la mazarota:
 - a) No existe
 - b) Se coloca, pero no es necesaria para el correcto conformado de la pieza
 - c) Es necesaria para abastecer de colada al modelo cuando ésta se enfría *

3. ¿Cuál es la respuesta falsa en las siguientes afirmaciones referidas a la caja de moldeo?
 - a) Va rellena de arena
 - b) Alberga al molde + canales de alimentación + mazarota
 - c) Es desechable *

4. En la colada:
 - a) Se vierte antes de colocar la arena en la caja de moldeo
 - b) Se evapora en contacto con el molde *
 - c) Se distribuye uniformemente por el molde sea cual sea la configuración del mismo y de sus canales de alimentación

5. A parte de la función de absorber el molde de poliestireno expandido, la arena tiene la función de:
 - a) Hacer de aglutinante para el EPS
 - b) Soportar y rodear al modelo *
 - c) Facilitar la apertura de la caja

6. La posición de los canales de alimentación juega un papel fundamental para el conformado del modelo en poliestireno expandido:
 - a) Falso, da igual donde estén colocados mientras abastezcan al molde
 - b) Verdadero, porque mejoran el enfriamiento de la colada *

7. Se utiliza el moldeo por poliestireno expandido para:
- a) Grandes lotes de piezas complejas *
 - b) Pequeños lotes de piezas complejas
 - c) Grandes lotes de piezas simples
8. El moldeo por EPS, necesita:
- a) Limpieza posterior debido a la arena
 - b) Mecanizado posterior para dejar la pieza en tolerancias deseadas
 - c) Requiere operaciones mínimas de limpieza y acabado *
9. El molde de EPS está recubierto por un material refractario para:
- a) Mejorar la evaporación del mismo
 - b) Mejorar el acabado superficial *
 - c) Proteger la colada de impurezas
10. El enfriamiento de la colada:
- a) Se produce simultáneamente en todas las zonas del modelo
 - b) Produce una contracción del material *
 - c) No se considera cuando se estudia la posición de los canales de alimentación y mazarota

*Respuesta correcta

3. TRABAJO PROPUESTO

Realización de un informe sobre una de las siguientes propuestas.

Propuesta 1

- Tema: Maquinaria utilizada para la fabricación por Moldeo en poliestireno Expandido (Elementos principales).
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

Propuesta 2

- Tema: Historia de la fabricación por poliestireno expandido.
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

Propuesta 3

- Tema: Comparativa de diferentes procesos de moldeo frente al moldeo por poliestireno expandido.
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

4. PREGUNTAS DE EXAMEN

1. De las cuatro piezas mostradas en la figura, di cuales se realizan mediante el proceso de poliestireno expandido y por qué si o por qué no. (1 pto.)



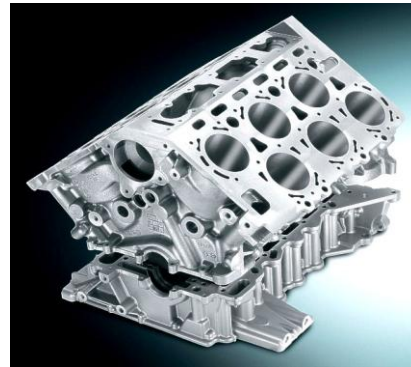
a)



b)



c)



d)

2. Describe paso a paso el proceso de moldeo por EPS. (1,5 ptos.)
3. ¿Cuáles son las aplicaciones más frecuentes del moldeo por poliestireno expandido? ¿Por qué? (1,5 ptos.)
4. Describe los elementos auxiliares al molde utilizados para la circulación de la colada. ¿Para qué sirve cada uno? (1 pto.)
5. Principales ventajas e inconvenientes de utilizar moldeo por poliestireno expandido frente a otros métodos de fundición. (1,5 ptos.)
6. ¿Cuáles son los defectos típicos del moldeo por EPS? (1,5 ptos.)
7. ¿A qué es debida la utilización del EPS para éste tipo de procesos de fundición?

(2 ptos.)

ANEXO II: MOLDEO EN ARENA

1 DOSIER: MOLDEO EN ARENA

1.1 INTRODUCCIÓN

El moldeo en arena es un proceso productivo consistente en el vertido del metal fundido en un molde. Éste tiene la peculiaridad de que está realizado en arena, por lo que el proceso se encuentra encuadrado dentro de los procesos de molde desechable. En dicho molde, irán alojados los canales de alimentación, mazarotas y bebederos necesarios para el correcto llenado.

1.2 EXPLICACIÓN DEL PROCESO: OPERACIONES A REALIZAR

1.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

El modelo no es una copia exacta de la pieza que se desea fundir debido a una serie de razones impuestas por el procedimiento de conformación:

- Las dimensiones del modelo deben ser superiores a la pieza, puesto que ha de tenerse en cuenta la contracción sufrida por los metales líquidos al solidificarse. Ésta contracción suele ser de entorno a un 1 % ó 2 %.
- Las limitaciones del proceso imponen ciertas limitaciones, como la obtención de formas complicadas y espesores muy finos.
- Es necesario dar demasiás para el mecanizado de aquellas superficies que lo requieran.
- Hay que prever salidas adecuadas para la extracción del modelo sin que se produzcan arrastres de arena. La inclinación de las paredes del modelo, vendrán dadas por la relación b/h .

1.2.2 MODELOS

En la fundición en arena, los modelos sencillos suelen hacerse de una sola pieza. En otros casos, cuando se aumenta la complejidad de la misma, constan de dos o más piezas acoplables cuya posición exacta se asegura por medio de pasadores o guías.

Cuando las piezas son huecas, se utilizan machos o noyos de madera que provocan la cavidad en el modelo. Hay que resaltar, que los noyos se disponen en el modelo con unas prolongaciones llamadas portadas de noyo que determinarán en el molde los alojamientos para apoyar los machos.

El modelo acabado debe tener las superficies perfectamente lisas. Para ello se tapan los poros con escayola, se pule con papel de lija y finalmente se barniza y pinta. Los modelos para fundición suelen pintarse de rojo y las portadas o marcas de noyo, en negro.

1.2.3 PROPIEDADES DE ARENAS DE MOLDEO

Las propiedades de las arenas de moldeo están determinadas por las proporciones de sus componentes. Todas las arenas deben tener en mayor o menor grado:

- Cohesión para poder resistir los esfuerzos de tracción-compresión y flexión a los que se ven sometidos los modelos. Esta capacidad de unión entre los granos es fundamental.
- Plasticidad para reproducir todos los detalles del modelo. La plasticidad implica deformabilidad y fluencia. Es proporcional a la finura de grano y al contenido en arcilla.
- Permeabilidad. Es la capacidad que permite que la arena sea atravesada por los gases que se desprenden de la colada. Depende principalmente del tamaño y forma del grano, del contenido en arcilla y humedad.
- Refractariedad es la capacidad para evitar las altas temperaturas alcanzadas por la colada sin fundirse o reblandecerse lo más mínimo.

Además de estas propiedades, las arenas emplean dos clases de productos adicionales para mejorarlas. Estos son: aglutinantes y revestimientos.

Los aglutinantes se emplean en el moldeo de machos para mejorar su cohesión. Los revestimientos para moldes y machos, sirven para eliminar pequeños defectos del modelo y alisar la superficie, facilitar el desprendimiento de las piezas fundidas y mejorar la refractariedad de las arenas.

Las arenas de moldeo van envejeciendo con los usos que se les van dando y con el tiempo. Es decir, van perdiendo propiedades. Por ello, es necesario aplicar un tratamiento de recuperación que consiste en la eliminación de partículas metálicas por separación magnética, eliminar el polvo de cuarzo, cribar y seleccionar los granos de cuarzo y adicionar arena nueva de granulometría semejante.

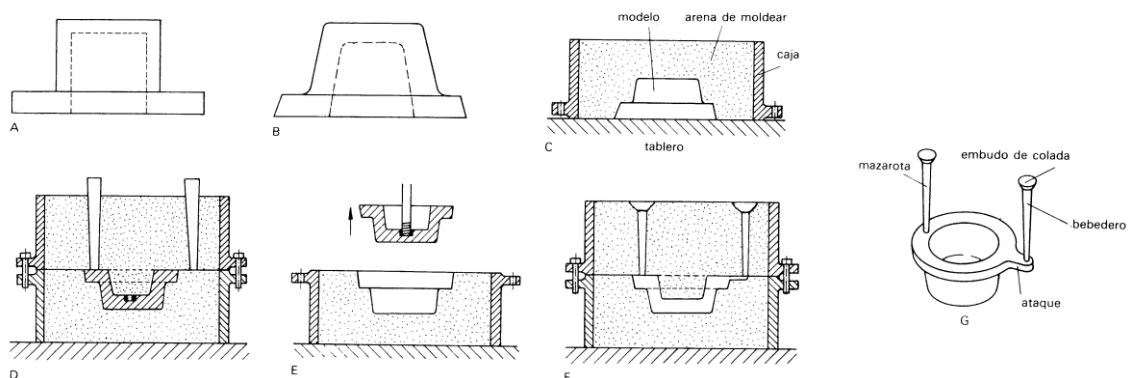
1.2.4 MOLDE

Para la fabricación de un molde de arena hay que prestar especial atención al tamaño de la caja de moldeo, ya que éste tiene que quedar holgadamente encajado en su interior para poder añadir los elementos auxiliares necesarios para la distribución de la colada.

Se colocará en una posición central el molde patrón de la pieza que se quiera obtener. Posterior mente la caja de moldeo se rellenará con la arena de moldeo quedando así la forma de la pieza deseada. Posteriormente se al añadido de los elementos auxiliares necesarios (bebedero, mazarota y canales de alimentación) que irán alojados en una segunda caja de moldeo.

Hay que destacar que antes del llenado de la caja con arena, se espolvorea el modelo con polvo de revestimiento y se cubre con arena de moldear primero y con arena de relleno después.

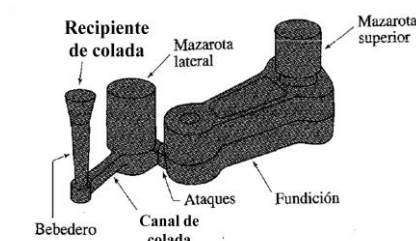
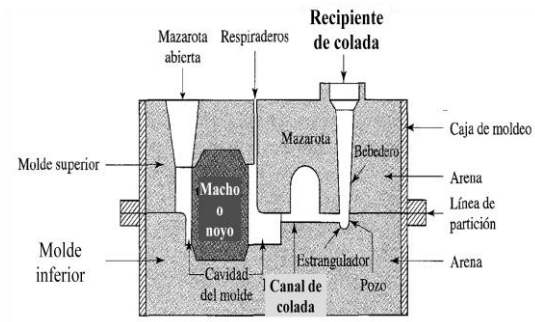
Se procede a la retirada de la pieza patrón o modelo quedando así el molde en arena listo para su uso.



1.2.5 COMPONENTES NECESARIOS PARA EL MOLDEO EN ARENA

Para llevar a cabo correctamente el proceso de moldeo en arena es necesaria la inclusión de una serie de elementos auxiliares que permiten el correcto colado del metal fundido.

- Recipiente de colada: Evita la erosión de los canales interiores al absorber choques, salpicaduras y turbulencias del fluido.
- Bebedero: Siempre debe estar lleno durante la colada.
- Canal de colada: Ligeramente inclinado para facilitar el flujo del material.
- Mazarota: Supone una reserva de material con el que suplir la contracción.
- Ataques: Es la zona de entrada de la colada a la cavidad del molde.



También existen una serie de elementos que sin estar relacionados con el vertido del metal fundido, son necesarios para el correcto conformado de los modelos que se quieren conseguir.

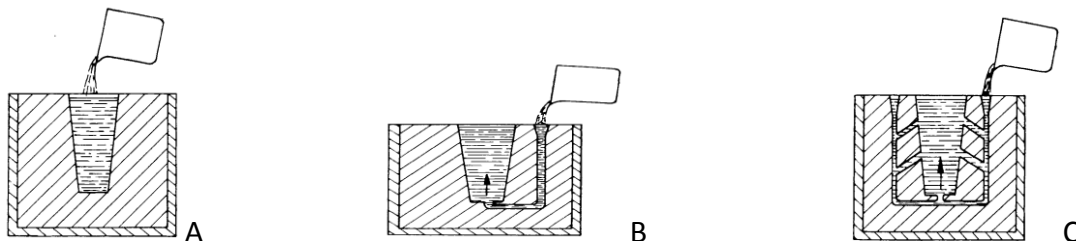
- Corazones: son insertos hechos de arena. Se colocan en el molde para formar oquedades o de alguna otra manera definir la superficie interior de la fundición. Los corazones también se utilizan en la parte exterior de la fundición para formar características, como letras sobre la superficie de la pieza fundida, o barrenos ciegos profundos.
- Respiraderos: se colocan en los moldes para extraer los gases producidos cuando el metal fundido entra en contacto con la arena en el molde y en el corazón. También

dejan sacar el aire de la cavidad del molde conforme el metal fundido fluye dentro del mismo.

1.2.6 COLADA

Se llama colada al procedimiento de vertido del metal líquido en el molde. Hay tres procedimientos básicos de colada.

- Colada directa. Se efectúa llenando el molde por la parte superior. Éste método favorece la solidificación del metal a medida que éste llena el molde. Tiene la desventaja de ser un llenado un tanto brusco que puede provocar erosiones en la parte baja del molde o inclusiones de aire.
- Colada inferior. Se realiza llenando el molde desde abajo hacia arriba. Tiene la ventaja de ser un llenado mucho más suave que la colada directa, lo que favorece la evacuación de aire. Sin embargo, la colada debe estar a una temperatura muy elevada para evitar la solidificación del metal hasta que el molde esté completamente lleno.
- Colada lateral. Éste método pretende aunar ventajas e inconvenientes de los dos anteriores. El llenado se hace a través de canales laterales a la pieza de manera simultánea.



A) Colada directa B) Colada inferior C) Colada lateral

1.3 VENTAJAS DEL MOLDEO EN ARENA FRENTE A OTROS PROCESOS DE MOLDEO

- Económico. La inversión necesaria en los equipos es pequeña, lo que hace que sea un proceso muy apto para series cortas o prototipos.
- Proceso rápido y flexible para series de fabricación cortas o prototipos.
- Se permite el colado de cualquier tipo de metales.

- No hay límite de tamaño, forma o peso.
- Piezas sin tensiones residuales.
- Se pueden producir más de un único modelo con una sola colada por medio de un sistema de alimentación por canales, mazarotas y bebederos estratégicamente colocados.

1.4 INCONVENIENTES DEL MOLDEO EN ARENA FRENTE A OTROS PROCESOS DE MOLDEO

- Queda una superficie final que requiere un futuro mecanizado para obtener un acabado final que cumpla con las tolerancias deseadas y las características del diseño.
- El aspecto y la calidad superficial es pobre.
- Debido a la naturaleza del proceso, no es posible moldear piezas con una geometría compleja. Para poder obtener éste tipo de piezas complejas, es necesario dividir las partes más simples que se soldarán posteriormente.
- Necesidad de mano de obra cualificada y especializada.
- Es un proceso artesanal en comparación con otros procesos industriales más mecanizados, por lo que tiene bajas cadencias de producción.

1.5 DEFECTOS TÍPICOS DEL MOLDEO EN ARENA

Existen numerosas contingencias que producen la aparición de defectos en los procesos de fundición. En este caso, se van a considerar los errores ocurridos únicamente en el proceso de fundición por molde en arena:

- Sopladuras. Este defecto es una cavidad de gas producida por un escape de gases del molde durante el vaciado. Ocurre en la superficie de la parte superior de la fundición o cerca de ella. La baja permeabilidad, pobre ventilación y el alto contenido de humedad en la arena del molde son las causas principales.

- Puntos de alfiler. Es un defecto similar al de las sopladuras que involucra la formación de numerosas cavidades pequeñas de gas en la superficie de la fundición o ligeramente por debajo de ella.
- Caídas de arena. Este defecto provoca una irregularidad en la superficie de la fundición que resulta de la erosión del molde de arena durante el vaciado. El contorno de la erosión se imprime en la superficie de la fundición final.
- Costras. Son áreas rugosas en la superficie de la fundición debido a la incrustación de arena y metal. Son causadas por desprendimientos de la superficie del molde que se descascaran durante la solidificación y quedan adheridas a la superficie de la fundición.
- Penetración. Cuando la fluidez del metal líquido es muy alta, éste puede penetrar en el molde o en el corazón de arena. Después de la solidificación, la superficie de la fundición presenta una mezcla de granos de arena y metal. Una mejor compactación del molde de arena ayuda a evitar esta condición.
- Corrimiento del molde. Se manifiesta como un escalón en el plano de separación del producto fundido causado por el desplazamiento lateral de semimolde superior respecto al inferior.
- Corrimiento del corazón. Es un movimiento similar al anterior, pero que sucede con el corazón. La diferencia es que el desplazamiento es generalmente vertical. Es causado por la flotación del metal fundido.
- Molde agrietado. Si la resistencia mecánica del molde es insuficiente, se puede desarrollar una grieta en la que el metal líquido puede entrar para formar una aleta en la fundición final.

1.6 MÉTODOS DE INSPECCIÓN

Debido a la defectología existente, es necesario establecer unos métodos de inspección relativos al proceso:

- 1- Inspección visual para detectar defectos obvios (llenado incompleto, cortes fríos, grietas en la superficie....)

- 2- Medida de las dimensiones para asegurarse que están dentro de las tolerancias establecidas en proyecto.
- 3- Pruebas metalúrgicas, químicas, físicas y otras relacionadas con la calidad inherente del metal fundido:
 - Pruebas de presión para localizar fugas en la fundición
 - Ensayos no destructivos: métodos radiográficos, pruebas de partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonidos.
 - Ensayos destructivos para determinar propiedades como resistencia a la tensión y dureza.

Si se descubren defectos, pero éstos no son serios, muchas veces es posible salvar la fundición por soldadura, esmerilado y otros métodos de recuperación que se hayan convenido con el cliente.

2. TEST DE AUTOEVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS CON LA HERRAMIENTA MULTIMEDIA: MOLDEO EN ARENA

1. Las dimensiones del modelo en el moldeo en arena deben ser:
 - a) Iguales que la pieza que queremos obtener
 - b) Inferiores a la pieza que queremos obtener debido a la contracción del material
 - c) Superiores a la pieza que queremos obtener *
2. Marca la respuesta incorrecta. En el moldeo en arena:
 - a) Los modelos suelen hacerse de una sola pieza
 - b) Es necesaria la inclusión de mazarotas
 - c) No existen líneas de partición *
3. Cuando se quiere obtener una pieza hueca en el moldeo en arena,
 - a) Se realiza mediante un mecanizado posterior
 - b) No es posible, debido al tipo de proceso que estamos tratando
 - c) Utilizamos machos o noyos *
4. Di que respuesta es falsa
 - a) El proceso de moldeo en arena deja un gran acabado superficial *
 - b) Se utilizan machos o noyos
 - c) En piezas de geometría compleja se divide en diferentes moldes más simples
- 5.Cuál de éstas características no es deseable en las arenas de moldeo
 - a) Refractariedad para soportar las altas temperaturas alcanzadas
 - b) Permeabilidad para facilitar la salida de gases
 - c) Dureza para resistir la colada *
6. En las arenas de moldeo
 - a) Se utilizan aglutinantes y revestimientos *
 - b) Tienen un número de usos limitado
 - c) Tienen una granulometría que permite que se obtengan las tolerancias deseadas

7. Las mazarotas tienen la función de:
- a) Reservar material con el que suplir la contracción de la colada *
 - b) Facilitar el vertido de la colada
 - c) Conducir la colada por el molde
8. Algunos defectos típicos del moldeo en arena son:
- a) Sopladuras y costras *
 - b) Falta de cohesión del material
 - c) Granulometría inadecuada
9. ¿Qué tipo de colada puede provocar erosiones en la parte baja del molde?
- a) Inferior
 - b) Lateral
 - c) Directa *
10. En la contracción del material
- a) Es un defecto grave que hace que ya no se pueda utilizar la pieza
 - b) La contracción del material hace que los moldes sean un 1-2% más grandes para compensarla *
 - c) No ocurre si se coloca una mazarota bien dimensionada

*Respuesta correcta

3. TRABAJO PROPUESTO: Moldeo en arena

Realización de un informe sobre una de las siguientes propuestas.

Propuesta 1

- Tema: Maquinaria utilizada para la fabricación por moldeo en arena.
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

Propuesta 2

- Tema: Tipos de arenas utilizadas en el moldeo en arena. Comparación entre ellas.
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

Propuesta 3

- Tema: Control de calidad en el moldeo en arena.
- Extensión: Máximo 4 páginas. Letra Arial o similar, tamaño 12, interlineado simple.
- Realización: Individual.
- Añadir bibliografía y páginas web consultadas.

4. PREGUNTAS DE EXAMEN

1. Dibuja de manera sencilla (pero clara) los diferentes elementos que permiten el correcto colado y solidificación en el moldeo en arena. (1,5 pts.)
2. Explica detalladamente los elementos que permiten el correcto colado y solidificación en el moldeo en arena. (1,5 pts.)
3. Describe paso por paso el proceso de fabricación del molde en el proceso de moldeo en arena. (2 pts.)
4. Dibuja de manera sencilla y explica los diferentes tipos de colado que se pueden realizar en el moldeo en arena. (1,5 pts.)
5. Comenta ventajas e inconvenientes frente a otros procesos de moldeo del moldeo en arena. (1,5 pts.)
6. Explica el uso y sujeción de los machos o noyos. (2 pts.)

